

## 明 細 書

### 飽和分極推定方法及び装置、並びに、放電可能容量推定方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、バッテリーの高率放電における最大電流を流し続けたときにバッテリーに発生する、分極による電圧降下である飽和分極電圧降下を推定する方法及び装置、並びに、バッテリーの放電可能な容量を推定する方法に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] バッテリーは放電或いは充放電によって取り出せる電気量である放電可能容量が時々刻々変化するが、バッテリーからの電力供給によって負荷を適切に動作する上で、この放電可能容量を把握することが求められる。例えば、車載のバッテリーでは、車両の種類によってその求められる機能が若干相違するものの、以下のような理由で、その放電可能容量が適切に把握される必要がある。
- [0003] 例えば、駆動動力源が燃料の燃焼によって回転力を発生する内燃機関（以下エンジンという。）であるエンジン搭載車では、エンジンの始動を行うためのスタータモータへの電力供給をバッテリーから行われるが、バッテリーがスタータモータを回転動作させる電力を供給することができなければ、エンジンを始動することができなくなる。
- [0004] エンジンを始動させた後は、エンジンによって駆動させるジェネレータが電力を発生するので、この電力によってバッテリーへの充電が行われるとともに、他の負荷が動作されるようになり、バッテリーは補助的な位置づけとなる。勿論、ジェネレータが故障したときには、バッテリーは電氣的負荷を駆動するための唯一無二の電力供給源となり、重要な役割を果たさなければならなくなる。
- [0005] また、駆動動力源がバッテリーから電力の供給を受けて回転力を発生する電動モータとなっている電気自動車では、バッテリーが唯一無二の電力供給源であり、バッテリーが電動モータを回転動作する電力を供給することができなければ、自動車の走行が停止してしまう。
- [0006] その他、駆動動力源としてエンジンとバッテリーからの電力の供給を受けて回転する電動モータの両方を有するハイブリット車では、バッテリーの補助的機能が、走行途中

でエンジンを停止し、エンジンに代わって走行の駆動力を発生する電動モータに電力供給する機能分高められているが、基本的には、エンジン搭載車と同様に、エンジンを始動するためのスタータモータを回転動作するだけの電力をバッテリーが供給できなければ、エンジンを始動することができなくなる。

[0007] 以上のような背景で、少なくとも、エンジン搭載車においてはスタータモータによってエンジンを始動することができること、或いは、電気自動車においては電動モータによって走行可能な内にバッテリーへの充電が行われることを目安に、バッテリーの放電可能容量を把握することが必要とされている。さらに、電気自動車におけるバッテリーの放電可能容量はエンジン搭載車における燃料残量に相当するものであるので、容量の量的な把握を行うことも求められる。

[0008] ところで、バッテリーから取り出すことができる電気量である充電状態は一般にSOCで表され、これに対し、実際に負荷を動作できるような電気量を取り出すことができる放電可能な容量はADCで表される。ADCについては、電流時間積Ahで表される満充電時の充電状態SOCと放電終止電圧時の充電状態SOCとの差に相当する電気量として把握され、場合によっては、満充電時を100%、放電終止電圧時を0%とする容量に対する百分率%で表すこともある。

[0009] なお、バッテリーのSOCは、充放電によってバッテリー内に発生する各種の分極が解消している平衡状態にあるときのバッテリーの開放端子電圧である開回路電圧に対し、一定の関係があることが知られており、この関係を利用して推定或いは実測したバッテリーの開回路電圧から求めることが一般に行われる(例えば特許文献1)。勿論、SOCは電流時間積で表されるものであるので、充放電によりバッテリー端子を通じて流れる電流を測定して時間積を取ることによって、時々刻々変化するSOCを把握することもできる。

特許文献1:特開2002-236157号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] 以上のように求めたSOCはバッテリーから取り出せる電気量ではあるが、バッテリーには内部抵抗が存在し、この内部抵抗によって放電電流に応じた大きさの電圧降下が内

部的に発生してバッテリー端子電圧が低下するようになる。このため、バッテリーの端子電圧が負荷を駆動できる電圧(放電終止電圧)以下に低下するようなSOCとなるような状況の容量は、負荷を駆動するために放電可能な容量とみることができない。

[0011] 上述した従来のADCの捉え方では、現在のSOCと放電終止電圧に対応するSOCとの差を単にバッテリーの放電可能な容量としているため、バッテリーに放電可能な容量があるにも拘わらず、負荷を実際に駆動しようとしたとき、駆動することができなくなる状況が発生しかねない。このため、従来のADCの捉え方ではバッテリーの状態を正確に把握しているとは言えないという問題があった。

[0012] そこで、本発明は、上記のような問題点に着目し、バッテリーの状態を正確に把握する上で役立つ飽和分極推定方法及び装置、並びに、放電可能容量推定方法を提供することを課題とする。

#### 課題を解決するための手段

[0013] 請求項1記載の発明は、高率放電における最大電流を流し続けたときに前記バッテリーに発生する、分極による電圧降下である飽和分極電圧降下を推定する方法であって、前記高率放電における放電電流及び端子電圧を実測し、該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求め、該求めた近似式における最大の前記分極電圧降下及び当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求め、該最大の分極電圧降下を、当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、前記最大電流を乗じ、前記近似式における前記最大電流に対応する分極電圧降下に、前記乗じた値を加算して、前記飽和分極電圧降下とすることを特徴とする飽和分極推定方法に存する。

[0014] 請求項1記載の発明によれば、高率放電における放電電流及び端子電圧を実測する。実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す近似式を求める。この求めた近似式における最大の分極電圧降下及びその最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求める。最大の分極電圧降下を、その最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、最大電流を乗じる。そして、近似式における最大電流に対応する分

極電圧降下に、上記乗じた値を加算して、飽和分極電圧降下とする。従って、実測した放電電流及び端子電流に基づいて、最大電流を流し続けたときに発生する、分極によって放電することができない容量の最大を把握する上で役立つ飽和分極電圧降下を求めることができる。

[0015] 請求項2記載の発明は、請求項1記載の飽和分極推定方法であって、該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記端子電圧を表す近似式を求め、該求めた前記端子電圧を表す近似式から前記バッテリーの純抵抗による電圧降下を除去して、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求めることを特徴とする飽和分極推定方法に存する。

[0016] 請求項2記載の発明によれば、実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す近似式を求める。この求めた端子電圧を表す近似式からバッテリーの純抵抗による電圧降下を除去して、高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す近似式を求める。従って、実測した放電電流及び端子電流に基づいて、正確な高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す近似式を求めることができる。

[0017] 請求項3記載の発明は、高率放電における最大電流を流し続けたときに前記バッテリーに発生する、分極による電圧降下である飽和分極電圧降下を推定する装置であって、前記高率放電における放電電流及び端子電圧を実測する実測手段と、該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求める近似式検出手段と、該求めた近似式における最大の前記分極電圧降下及び当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求め、最大の分極電圧降下を、当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、前記最大電流を乗じ、前記近似式における前記最大電流に対応する分極電圧降下に、前記乗じた値を加算して、前記飽和分極電圧降下とする推定手段とを備えたことを特徴とする飽和分極推定装置に存する。

[0018] 請求項3記載の発明によれば、実測手段が、高率放電における放電電流及び端子

電圧を実測する。近似式検出手段が、実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す近似式を求める。推定手段が、求めた近似式における最大の分極電圧降下及びその最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求め、最大の分極電圧降下を、その最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、最大電流を乗じ、近似式における最大電流に対応する分極電圧降下に、上記乗じた値を加算して、飽和分極電圧降下とする。従って、実測した放電電流及び端子電流に基づいて、最大電流を流し続けたときに発生する、分極によって放電することができない容量の最大を把握する上で役立つ飽和分極電圧降下を求めることができる。

[0019] 請求項4記載の発明は、バッテリーの放電可能な容量を推定する方法であって、前記バッテリーの高率放電開始時における開回路電圧から、請求項1又は2記載の飽和分極推定方法により推定した前記飽和分極電圧降下を含む内部抵抗による電圧降下を減じた値に基づいて、前記最大電流を持続的に放電することができる放電可能な容量を推定することを特徴とする放電可能容量推定方法に存する。

[0020] 請求項4記載の発明によれば、バッテリーの高率放電開始時における開回路電圧から、請求項1又は2記載の飽和分極推定方法により推定した飽和分極電圧降下を含む内部抵抗による電圧降下を減じた値に基づいて、放電可能な容量を推定する。従って、この推定した放電可能容量に基づいて、バッテリーの状態が、最大電流を流す必要のある負荷を確実に駆動できる状態か否かを正確に判断することができる。

#### 発明の効果

[0021] 以上説明したように請求項1及び3記載の発明によれば、実測した放電電流及び端子電流に基づいて、最大電流を流し続けたときに発生する、分極によって放電することができない容量の最大を把握する上で役立つ飽和分極電圧降下を求めることができるので、バッテリーの状態を正確に把握する上で役立つ飽和分極推定方法及び装置を得ることができる。

[0022] 請求項2記載の発明によれば、実測した放電電流及び端子電流に基づいて、正確な高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す近似式を求めることができるので、より正確に飽和分極電圧降下を求めることができる

飽和分極推定方法を得ることができる。

- [0023] 請求項4記載の発明によれば、この推定した放電可能容量に基づいて、バッテリーの状態が、最大電流を流す必要のある負荷を確実に駆動できる状態か否かを正確に判断することができるので、バッテリーの状態を正確に把握することができる放電可能容量推定方法を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0024] [図1]高率放電時における実測したバッテリーの放電電流 $I$ —端子電圧 $V$ の関係を示すグラフである。
- [図2]放電によりバッテリーに発生する電圧降下の内訳を説明するためのグラフである。
- [図3]飽和分極電圧降下の推定の仕方を説明するために使用するグラフである。
- [図4]本発明のバッテリーの飽和分極推定装置を組み込んだ放電可能容量推定装置の一実施の形態を示すブロック図である。
- [図5]図4中のマイコン23aが行う処理手順を示すフローチャートである。

#### 符号の説明

- [0025] 23a マイコン(実測手段、近似式検出手段、推定手段)

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0026] 以下、本発明によるバッテリーの飽和分極推定方法及び当該装置、並びに、放電可能容量推定方法を図面に基づいて説明する。まず、図1—図3を参照して、本発明の基本的な考え方について説明する。
- [0027] 一般に、バッテリーの端子電圧は、バッテリーの充電状態を反映した電圧値を示し、その内部の状態、すなわち、平衡状態にあるときと不平衡状態にあるときで異なるだけでなく、バッテリーから放電電流が流れることによって、バッテリー内部に発生する電圧降下を反映した値を取ることも知られている。
- [0028] 例えば、車載バッテリーでは、エンジンの始動の際にスタータモータを通じて放電が行われるが、このとき、突入電流と一般に呼ばれる、定常電流値と比べて非常に大きな大電流まで短時間に増大し大電流から定常電流値まで短時間に減少する放電電流が流れる。上記短時間とは、放電電流に対して、分極の成長が高い相関で近似できる程度の時間であり、大電流とは、電圧検出精度、電流検出精度を考慮に入れ、

分極の成長度が確実に測定できるほどの電流である。具体的には、鉛バッテリーの場合は、短時間とは例えば400msec以下を、大きな値の最大電流は例えば3C以上を目安とすることができる。一般に、このような放電を高率放電と呼び、この高率放電時の放電電流とバッテリー端子電圧とを測定すれば、0から最大電流に至る広い範囲の放電電流の変化に対する端子電圧の変化を測定することができる。そこで、この高率放電時の放電電流とバッテリー端子電圧とを高速サンプリングによって得たデータ対を、横軸に放電電流、縦軸に端子電圧をそれぞれ対応させてプロットして図1に示すグラフを得た。

- [0029] 上述した高率放電時の最大電流 $I_p$ を持続的に放電できる状態にあるか、否かを判断することは、バッテリーの状態を監視する上で非常に重要である。そこで、図2を参照して、最大電流 $I_p$ におけるバッテリーの電圧降下の内訳を検討してみる。
- [0030] 先ず、最大電流 $I_p$ での電圧降下は、バッテリーのそのときの充電状態における内部純抵抗(オーミック抵抗) $R_j$ に最大電流 $I_p$ が流れることによって生じる電圧降下( $R_j \times I_p$ )が含まれている。なお、この内部純抵抗 $R_j$ は、例えば上述した高率放電時にサンプリングして得たデータ対を解析することによって推定することができるが、ここではその具体的な方法については省略する。上記推定した内部純抵抗 $R_j$ には、バッテリーの充電状態、すなわち、そのときのSOCの減少に伴う増加分、温度や劣化による変化分も含まれている。
- [0031] 純抵抗の最大の増加分としては、バッテリーの設計仕様によってきまる既知の値である満充電純抵抗 $R_f$ と放電終止純抵抗 $R_e$ との差 $\Delta R = R_e - R_f$ となる。このことから、最大電流 $I_p$ での放電を持続すると、内部純抵抗による電圧降下は最大 $\Delta R \times I_p$ 分、増加する可能性があると考えられる。
- [0032] また、純抵抗 $R_j$ による電圧降下( $R_j \times I_p$ )以外の電圧降下は、バッテリー内に発生する分極による電圧降下 $V_{polp}$ である。なお、ダヴィット・リンデン著の「最新電池ハンドブック」P10図2. 1「作動電流の関数としてのセル」によれば、分極はある程度大きな放電電流を流したとき、その大きさに応じた一定値に飽和する飽和分極電圧降下が存在するといえる。
- [0033] 上記高率放電は短時間での放電なので、純抵抗 $R_j$ による電圧降下( $R_j \times I_p$ )以外

の電圧降下 $V_{polp}$ は飽和していないと考えられる。このため、最大電流 $I_p$ を持続して流すと、分極による電圧降下は、 $V_{polp}$ よりさらに $\Delta V_{polp}$ 増加した後、飽和して、飽和分極電圧降下( $=V_{polp} + \Delta V_{polp}$ )で一定となる。

[0034] そこで、最大電流 $I_p$ での放電を持続したときにバッテリー内部に発生する最大の電圧降下として、内部純抵抗 $R_j$ による電圧降下( $R_j \times I_p$ )に、最大の純抵抗電圧降下の増加分( $\Delta R \times I_p$ )と上述した飽和分極電圧降下( $V_{polp} + \Delta V_{polp}$ )とを加算したものを総電圧降下( $V_{max}$ )として推定する。このような電圧降下がバッテリー内に発生することによって、この電圧降下分、放電可能な容量が減少することになる。

[0035] 従って、放電開始前の平衡状態の開回路電圧 $OCV_n$ から上述した総電圧降下 $V_{max}$ と、放電終止電圧( $V_e = OCV_e - R_e \times I_p$ :  $OCV_e$ は放電終止時の開回路電圧)を減じて求めた電圧 $V_{adc}$ が、現在の放電可能容量の指標となる電圧値となる。

$$V_{adc} = OCV_n - V_{max} - V_{ef} \quad \cdots (1)$$

[0036] 一方、満充電電圧( $V_f = OCV_f - R_f \times I_p$ :  $OCV_f$ は満充電時の開回路電圧)と、放電終止電圧 $V_e$ との差電圧( $V_f - V_e$ )は、非劣化時で、かつ、満充電状態で放電可能な容量の指標となる電圧値と言える。そこで、この差電圧( $V_f - V_e$ )に対する電圧 $V_{adc}$ の割合を放電可能容量 $ADC(\%)$ とする。

$$ADC(\%) = \{V_{adc} / (V_f - V_e)\} \times 100 \quad \cdots (2)$$

[0037] また、この $ADC(\%)$ に、満充電電圧 $V_f$ に相当する電流時間積から、放電終止電圧 $V_e$ に相当する電流時間積を減じた値 $K$ を乗じれば、 $ADC(Ah)$ を求めることができる。

$$ADC(Ah) = ADC(\%) \times K \quad \cdots (3)$$

[0038] 次に、高率放電時の放電電流とバッテリー端子電圧とを高速サンプリングによって測定して得たデータ対から、上述した飽和分極電圧降下分を推定する方法について説明する。まず、上述した高速サンプリングによって得たデータ対について例えば最小二乗法を用いた近似処理を施し二次近似式を求める。

[0039] そして、上記求めた二次近似式から純抵抗 $R_j$ による電圧降下( $R_j \times I$ )分を除去すれば、分極による電圧降下の二次近似式を求めることができる。

今、この分極による電圧降下の二次近似式を



$$V = aI^2 + bI + c \quad \cdots (4)$$

とする。従って、最大電流 $I_p$ で発生している分極による電圧降下 $V_{polp}$  (図2参照)は、以下に示す式で表される。

$$V_{polp} = aI_p^2 + bI_p + c \quad \cdots (5)$$

[0040] 上述したように、高率放電は短時間での放電なので、分極電圧降下 $V_{polp}$ は飽和していないと考えられる。このため、最大電流 $I_p$ を持続して流すと、分極電圧降下は $V_{polp}$ よりさらに増加した後、飽和する。言い換えると、最大電流 $I_p$ を持続して流すと、分極による抵抗成分が $V_{polp}/I_p = R_p$ よりさらに増加した後、飽和する。従って、飽和分極電圧降下 ( $V_{polp} + \Delta V_{polp}$ ) を求めるには、上述した分極による抵抗成分の増加分を求めればよい。

[0041] 次に、上記分極による抵抗成分の増加分を求める方法について説明する。まず、横軸を放電電流 $I$ —縦軸を端子電圧 $V$ として、上記式(4)に示す二次近似式のグラフを描くと図3に示すようになる。同図において、最大電流 $I_p$ までの実測部分は実線で描き、最大電流 $I_p$ 以上の推測部分は点線で描いてある。同図に示すように、この二次近似式において、分極電圧降下は、放電電流 $I_{max}$ で最大 $V_{pols}$ を示し、放電電流 $I_{max}$ を超えた電流が流れても、これ以上増加しない。

[0042] この時の分極抵抗 $R_s (= V_{pols}/I_{max})$ が、上述した分極による抵抗成分の増加分に相当することが実験的にわかった。従って、下記に示す式(6)にて、最大電流 $I_p$ を流した時の飽和分極電圧降下 ( $V_{polp} + \Delta V_{polp}$ ) を求めることができる。

$$\begin{aligned} V_{polp} + \Delta V_{polp} &= V_{polp} + R_s \times I_p \\ &= V_{polp} + (V_{pols}/I_{max}) \times I_p \quad \cdots (6) \end{aligned}$$

[0043] 次に、上述した放電電流 $I_{max}$ 及び電圧降下 $V_{pols}$ の求め方について説明する。まず、上記式(4)を微分して、単位電流当たりの分極による電圧降下  $\Delta V / \Delta I$  を求める。

$$\Delta V / \Delta I = 2aI + b \quad \cdots (7)$$

この式の  $\Delta V / \Delta I$  が零になった点が飽和点であり、式(4)の二次近似式の最大値である。

$$0 = 2aI_{max} + b \quad \cdots (8)$$

式(8)を整理すると、

$$I_{\max} = -b/2a \quad \cdots (9)$$

- [0044] 従って、この放電電流 $I_{\max}$ を式(4)に代入することによって、このときの電圧降下 $V_{\text{pols}}$ を求めることができる。

$$\begin{aligned} V_{\text{pols}} &= aI_{\max}^2 + bI_{\max} + c \\ &= a \cdot (-b/2a)^2 + b \cdot (-b/2a) + c \\ &= b^2/4a - b^2/2a + c \quad \cdots (10) \end{aligned}$$

- [0045] 図4は本発明のバッテリーの飽和分極推定装置を組み込んだ放電可能容量推定装置の一実施の形態を示すブロック図である。この放電可能容量推定装置は、本発明の飽和分極推定方法及び放電可能容量推定方法を実施して、飽和分極及び放電可能容量を求める装置である。図中符号1で示す本実施形態の装置は、エンジン3に加えてモータジェネレータ5を有するハイブリッド車両に搭載されている。

- [0046] そして、このハイブリッド車両は、通常時はエンジン3の出力のみをドライブシャフト7からディファレンシャルケース9を介して車輪11に伝達して走行させ、高負荷時には、バッテリー13からの電力によりモータジェネレータ5をモータとして機能させて、エンジン3の出力に加えてモータジェネレータ5の出力をドライブシャフト7から車輪11に伝達し、アシスト走行を行わせるように構成されている。

- [0047] また、このハイブリッド車両は、減速時や制動時にモータジェネレータ5をジェネレータ(発電機)として機能させ、運動エネルギーを電気エネルギーに変換してバッテリー13を充電させるように構成されている。

- [0048] なお、車両の場合、イグニッションスイッチ又はアクセサリ(ACC)スイッチがオンされることによって、そのときオン状態にある負荷への電源供給に伴い、バッテリーの放電電流が流れる。モータジェネレータ5はさらに、図示しないスタータスイッチのオンに伴うエンジン3の始動時に、エンジン3のフライホールを強制的に回転させるスタータモータとして用いられるが、その場合にモータジェネレータ5には、短時間に大きな突入電流が流される。

- [0049] スタータスイッチのオンによりモータジェネレータ5によってエンジン3が始動されると、イグニッションキー(図示せず)の操作解除に伴って、スタータスイッチがオフになっ

てイグニッションスイッチのオン状態に移行し、これに伴ってバッテリー13から流れる放電電流は、負荷に応じた定常電流に移行する。

- [0050] 話を構成の説明に戻すと、本実施形態の装置1は、アシスト走行用のモータやスタータモータとして機能するモータジェネレータ5等、電装品に対するバッテリー13の放電電流 $I$ や、ジェネレータとして機能するモータジェネレータ5からのバッテリー13に対する充電電流を検出する電流センサ15と、バッテリー13に並列接続した1Mオーム程度の抵抗値を有し、バッテリー13の端子電圧 $V$ を検出する電圧センサ17とを備えている。
- [0051] また、本実施形態の装置1は、上述した電流センサ15及び電圧センサ17の出力がインタフェース回路(以下、「 $I/F$ 」と略記する)21におけるA/D変換後に取り込まれるマイクロコンピュータ(以下、「マイコン」と略記する)23をさらに備えている。
- [0052] そして、前記マイコン23は、CPU23a、RAM23b及びROM23cを有しており、このうち、CPU23aには、RAM23b及びROM23cの他、前記 $I/F$ 21が接続されており、また、上述した図示しないスタータスイッチ、イグニッションスイッチやアクセサリスイッチ、モータジェネレータ5以外の電装品(負荷)のスイッチ等が、さらに接続されている。
- [0053] 前記RAM23bは、各種データ記録用のデータエリア及び各種処理作業に用いるワークエリアを有しており、前記RAM23bには、CPU23aに各種処理動作を行わせるための制御プログラムが格納されている。
- [0054] なお、上述した電流センサ15及び電圧センサ17の出力である電流値及び電圧値は、短い周期で高速にサンプリングされて $I/F$ 21を介して、マイコン23のCPU23aに取り込まれ、取り込まれた電流値及び電圧値は、各種の処理のために使用される。
- [0055] 次に、前記ROM23cに格納された制御プログラムに従いCPU23aが行う処理を、図5のフローチャートを参照して説明する。
- [0056] イグニッション(IG)スイッチがオンされバッテリー13からの給電を受けてマイコン23が起動しプログラムがスタートすると、CPU23aは、電流センサ15及び電圧センサ17に、比較的長いサンプリング周期での放電電流及び端子電圧のサンプリングを開始させる(ステップS1)。そして、CPU23aは、このサンプリングによって得た放電電流 $I$ が

予め定めた所定値を越えるのを監視する。放電電流が所定値を越えたときには、突入電流が流れ始めたと判断し、実測手段として働き、サンプリング周期を例えば100  $\mu$  secの短い周期に切り替えて放電電流Iに対応する端子電圧Vの二次近似式を求めるための処理に入る(ステップS2)。

[0057] なお、二次近似式曲線を求める処理は、最小二乗法が用いられ、サンプリングした放電電流Iと端子電圧Vとに基づいて、電流増加時の二次近似特性曲線を求めるために各 $\Sigma$ 項の演算を行い、サンプリング値が連続してn回減少しているとき、放電電流Iがピーク値から減少に転じていると判断し、以後、サンプリングした放電電流Iと端子電圧Vとに基づいて、電流減少時の二次近似式を求めるための各 $\Sigma$ 項の演算を行う。その後に、放電電流が予め定めた所定値を越えて減少するかどうかを監視し、放電電流が所定値を越えて減少したとき、突入電流が終了したと判断して二次近似式を求めるための処理を終了し(ステップS3)、演算した電流増加時の各 $\Sigma$ 項を用いて、電流増加時の近似式を、演算した電流減少時の各 $\Sigma$ 項を用いて電流減少時の近似式をそれぞれ求める(ステップS4)。

[0058] 上述のようにして求めた二次近似式からバッテリーの純抵抗を求めるための演算処理を実行する(ステップS5)。この演算処理においては、求めた二次近似式に濃度分極成分による電圧降下が含まれている場合、この濃度分極電圧降下を除いた修正二次近似式を求める修正二次近似式算出処理を行う。そして、増加する放電電流及び減少する放電電流に対する2つの修正二次近似式の最大電流 $I_p$ での微分値を算出した上で、2つの微分値の中間の値をバッテリーの純抵抗として求める演算を行う。そして、この求めたバッテリーの純抵抗は種々の目的で使用するため、RAM23bのデータエリアに格納されて記憶される。

[0059] この微分値の中間の値を求める方法としては、突入電流の流れ方によって2つの方法がある。突入電流の増加方向の時間と減少方向の時間とがほぼ等しいときには、2つの微分値の加算平均値を純抵抗 $R_j$ として求める演算を行う。これに対して、突入電流の増加方向の時間と減少方向の時間とが大きく異なるときには、増加する放電電流に対する修正二次近似式のピーク値での微分値に、放電電流の総時間に占める増加する放電電流の流れた時間の比率を乗じたものと、減少する放電電流に対す

る修正二次近似式のピーク値での微分値に、放電電流の総時間に占める減少する放電電流の流れた時間の比率を乗じたものとを加算した加算値を純抵抗として求める演算を行う。

- [0060] 次に、ステップS4において算出した電流増加時の近似式から、ステップS5において算出した純抵抗 $R_j$ による電圧降下分を削除し、電流増加時の純抵抗以外の要因による電圧降下の近似式、すなわち、高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する分極電圧降下を表す二次近似式(以下、分極近似式と略記)を求める(ステップS6)。以上のことから、CPU23aは、近似式検出手段として働くことがわかる。ステップS5において算出した純抵抗 $R_j$ とステップS6で求めた分極近似式は、次のステップS7の飽和分極推定処理において、飽和分極電圧降下を求めるために利用される。
- [0061] ステップS7の飽和分極推定処理においては、CPU23aは、推定手段として働き、ステップS6で求めた分極近似式を微分して、分極近似式における最大の分極電圧降下 $V_{pol\max}$ 及びその最大の分極電圧降下に対する放電電流 $I_{\max}$ を求める。次に、分極近似式に最大電流 $I_p$ を代入して最大電流 $I_p$ に対する分極電圧降下 $V_{polp}$ を求め、上述した式(6)を実行して、飽和分極電圧降下( $V_{polp} + \Delta V_{polp}$ )を演算した後、ステップS8に進む。
- [0062] ステップS8の総電圧降下推定処理においては、ステップS5において算出した電池の純抵抗 $R_j$ による純抵抗電圧降下( $R_j \times I_p$ )と、電池の充電状態に応じて変化する最大の純抵抗変化分による純抵抗増加電圧降下( $\Delta R \times I_p$ )と、最大電流 $I_p$ によって発生する分極による最大の電圧降下である飽和分極電圧降下( $V_{polp} + \Delta V_{polp}$ )とを加算して、総電圧降下 $V_{\max}$ を推定する。
- [0063] ステップS8の総電圧降下推定処理によって、最大の電圧降下が求まったら、次のステップS9において、上述した式(2)を用いてADC率算出処理を行う。ステップS9におけるADC(%)の算出が終わったら、式(3)を用いてADC(Ah)を求めるADCの推定処理を行う(ステップS10)。
- [0064] ステップS10の処理によって推定したADC(Ah)、すなわち、高率放電時の最大電流 $I_p$ で放電し続けることのできる放電可能容量は、続くその他の処理において利用さ

れる(ステップS11)。その他の処理としては、例えば、アイドリングストップした後に再度エンジンを始動できるかどうかの判定を行う目安として利用することができる。なお、図5のフローチャートに示す処理は、イグニッションスイッチがオンしている限り継続して実行される(ステップS12)。

### 請求の範囲

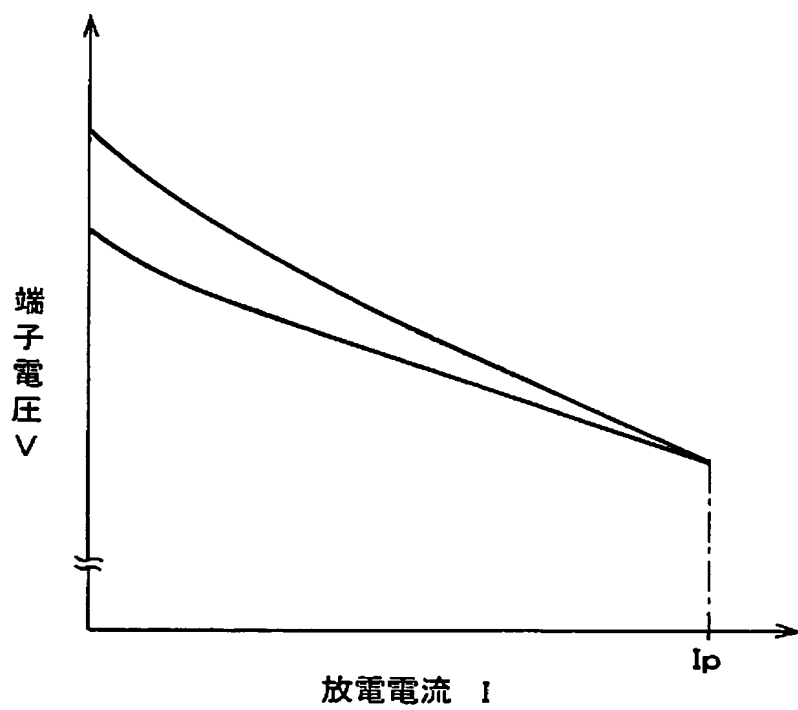
- [1] 高率放電における最大電流を流し続けたときに前記バッテリーに発生する、分極による電圧降下である飽和分極電圧降下を推定する方法であって、  
前記高率放電における放電電流及び端子電圧を実測し、  
該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求め、  
該求めた近似式における最大の前記分極電圧降下及び当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求め、  
該最大の分極電圧降下を、当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、前記最大電流を乗じ、  
前記近似式における前記最大電流に対応する分極電圧降下に、前記乗じた値を加算して、前記飽和分極電圧降下とすることを特徴とする飽和分極推定方法。
- [2] 請求項1記載の飽和分極推定方法であって、  
該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記端子電圧を表す近似式を求め、  
該求めた前記端子電圧を表す近似式から前記バッテリーの純抵抗による電圧降下を除去して、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求めることを特徴とする飽和分極推定方法。
- [3] 高率放電における最大電流を流し続けたときに前記バッテリーに発生する、分極による電圧降下である飽和分極電圧降下を推定する装置であって、  
前記高率放電における放電電流及び端子電圧を実測する実測手段と、  
該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、前記高率放電における電流増加方向の放電電流に対応する前記分極電圧降下を表す近似式を求める近似式検出手段と、  
該求めた近似式における最大の前記分極電圧降下及び当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流を求め、最大の分極電圧降下を、当該最大の分極電圧降下に対応する放電電流で除した値に、前記最大電流を乗じ、前記近似式における前記最大電流に対応する分極電圧降下に、前記乗じた値を加算して、前記飽和分極電

圧降下とする推定手段とを備えたことを特徴とする飽和分極推定装置。

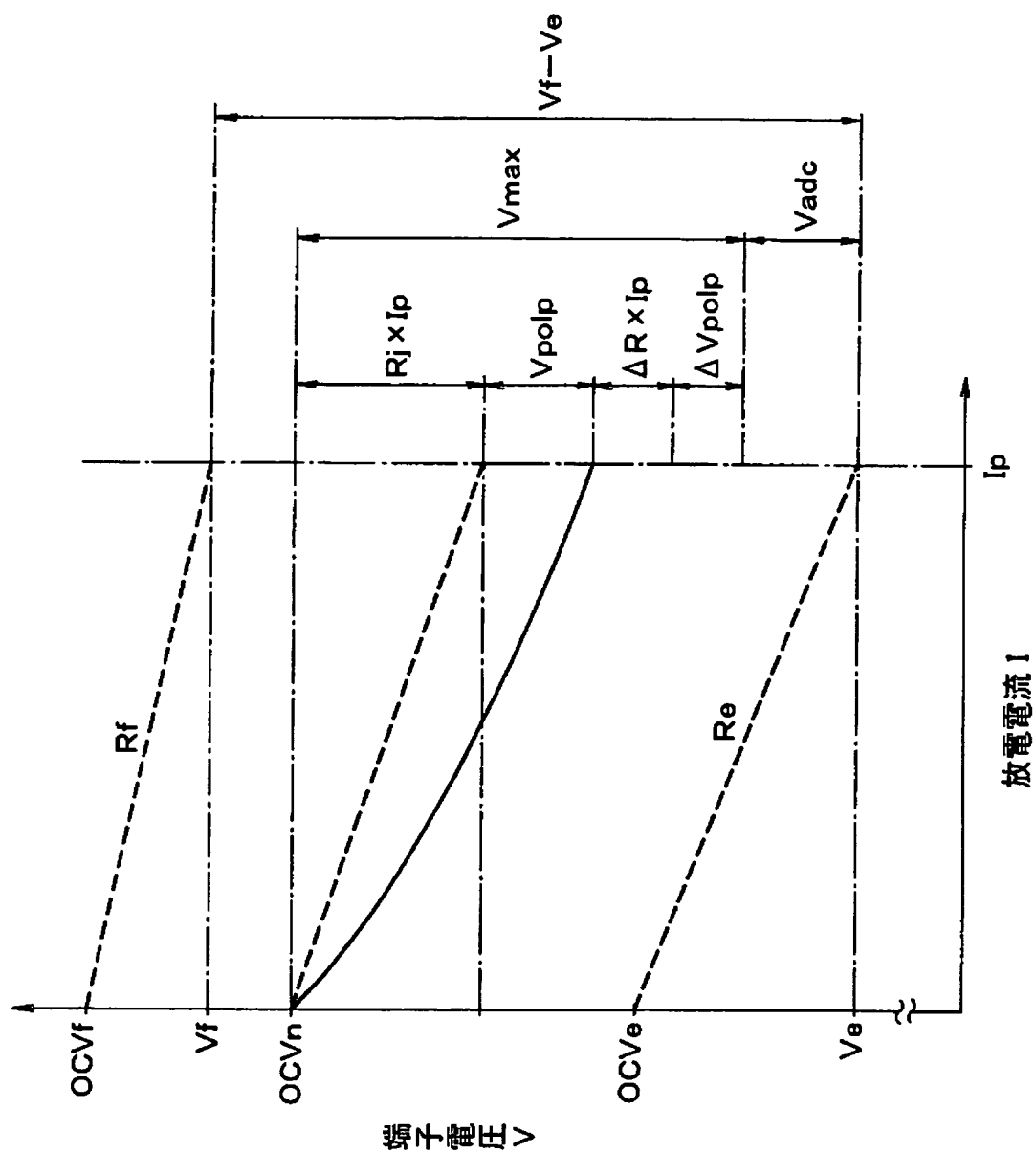
- [4]     バッテリーの放電可能な容量を推定する方法であって、  
前記バッテリーの高率放電開始時における開回路電圧から、請求項1又は2記載の飽和分極推定方法により推定した前記飽和分極電圧降下を含む内部抵抗による電圧降下を減じた値に基づいて、前記最大電流を持続的に放電することができる放電可能な容量を推定することを特徴とする放電可能容量推定方法。



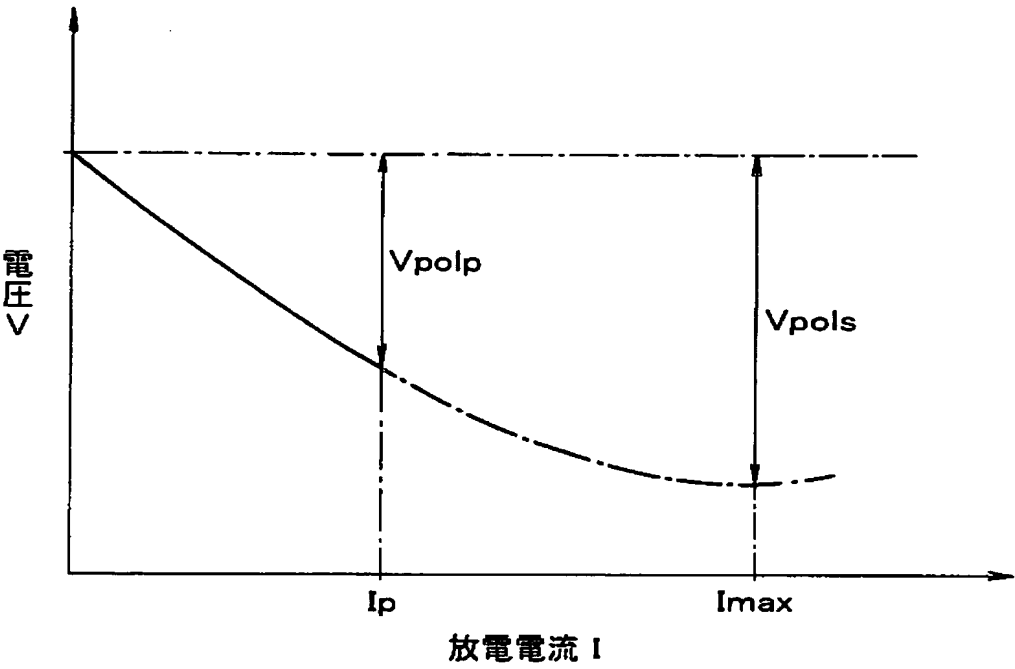
[図1]



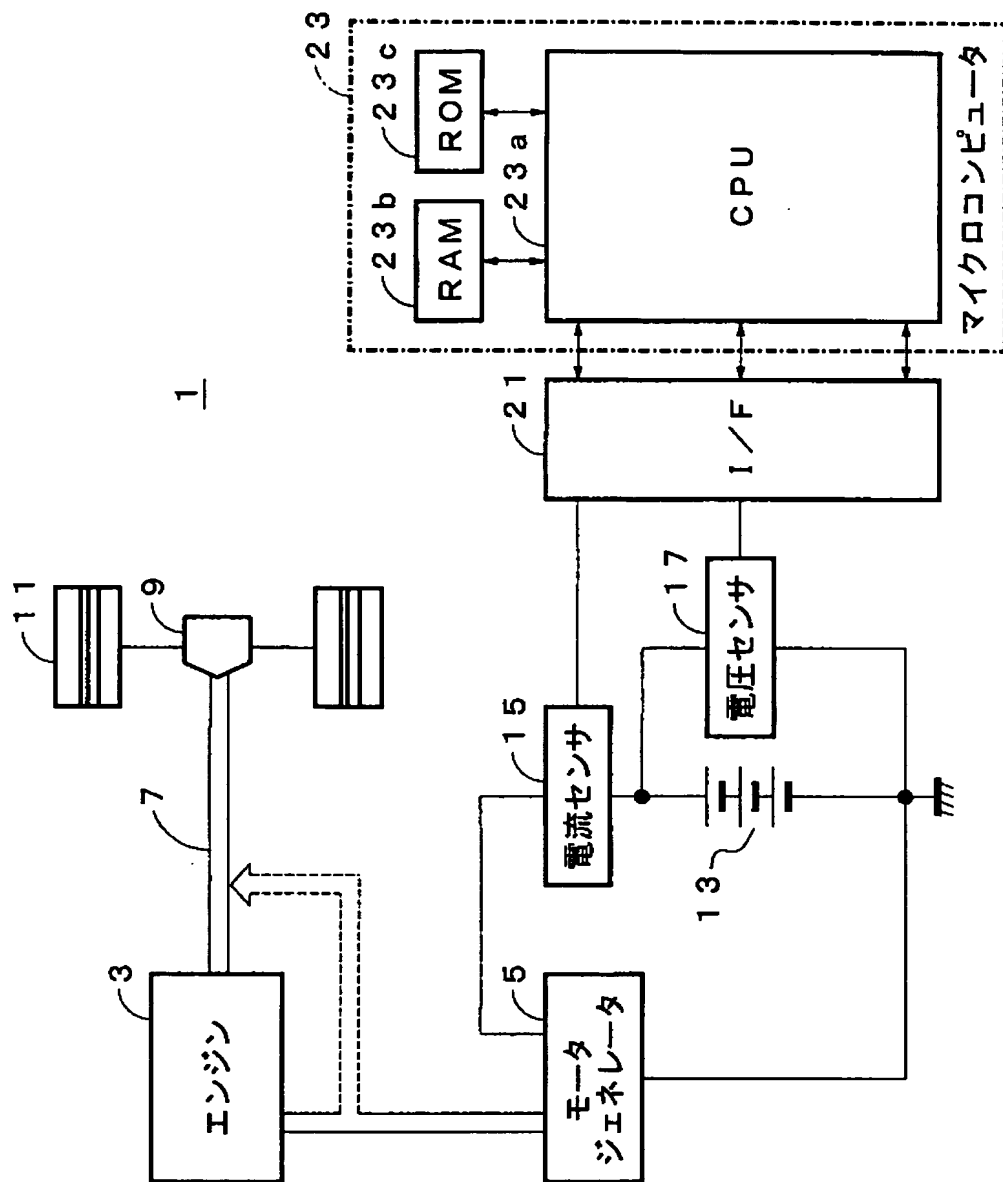
[図2]



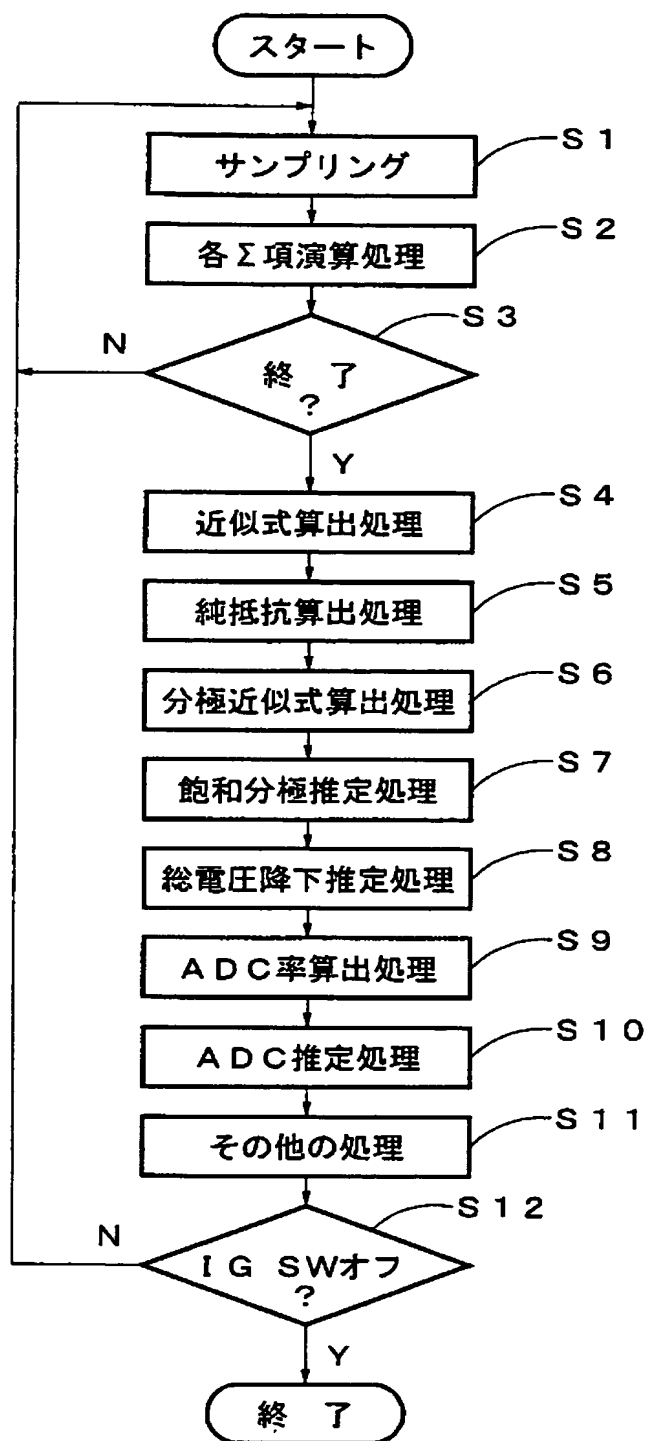
[図3]



[図4]



[図5]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015400

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-249006 A (Yazaki Corp.), 03 September, 2002 (03.09.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
18 January, 2005 (18.01.05)

Date of mailing of the international search report  
01 February, 2005 (01.02.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl.<sup>7</sup> G01R 31/36

B. 調査を行った分野  
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl.<sup>7</sup> G01R 31/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
日本国実用新案登録公報 1996-2005年  
日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-249006 A (矢崎総業株式会社) 2002. 09. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
18. 01. 2005

国際調査報告の発送日  
01. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
武田 知晋  
2S 9805  
電話番号 03-3581-1101 内線 3256